

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 10-055027

(43)Date of publication of application : 24.02.1998

(51)Int.Cl.

G03B 21/00

G02B 3/00

G02B 27/28

G02F 1/13

(21)Application number : 08-229382

(71)Applicant : FUJI XEROX CO LTD

(22)Date of filing : 12.08.1996

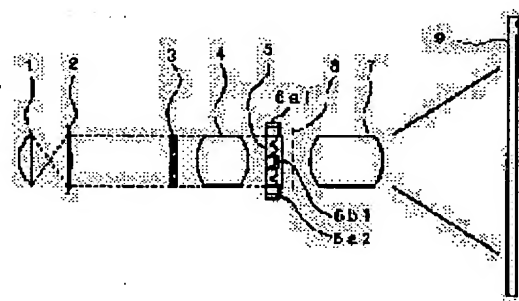
(72)Inventor : HAMADA TSUTOMU
SAKASAI KAZUHIRO
KOBAYASHI KENICHI
FUJIMAGARI KEIJI

(54) PROJECTION TYPE DISPLAY DEVICE

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide a display device capable of performing time division display and displaying a picture with high resolution by simple constitution without lowering the transmissivity of light and contrast even when an optical modulation element having a small number of picture elements is used in the case of displaying the picture by dividing the picture of one frame into plural fields.

SOLUTION: A microlens array 5 is arranged on an optical path leading to a projection lens 7 from the optical modulation element 3, and one convex lens is formed corresponding to four picture elements of the optical modulation element 3. An image forming optical system 4 is arranged to make the light from the element 3 incident on a corresponding microlens. An actuator 6 moves or vibrates the microlens array 5 in horizontal and vertical directions orthogonal to the optical axis of the light made incident on the microlens array 5.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's
decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

(19)日本国特許庁(JP)

(12)公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開平 10-55027

(43)公開日 平成10年(1998)2月24日

(51)Int. Cl. ⁶	識別記号	庁内整理番号	F I	技術表示箇所
G 0 3 B	21/00		G 0 3 B 21/00	D
G 0 2 B	3/00		G 0 2 B 3/00	A
	27/28		27/28	Z
G 0 2 F	1/13	5 0 5	G 0 2 F 1/13	5 0 5
審査請求 未請求 請求項の数 5			F D	(全 1 2 頁)

(21)出願番号 特願平8-229382

(22)出願日 平成8年(1996)8月12日

(71)出願人 000005496

富士ゼロックス株式会社
東京都港区赤坂二丁目17番22号

(72)発明者 浜田 勉

神奈川県足柄上郡中井町境430 グリーン
テクなかい 富士ゼロックス株式会社内

(72)発明者 逆井 一宏

神奈川県足柄上郡中井町境430 グリーン
テクなかい 富士ゼロックス株式会社内

(72)発明者 小林 健一

神奈川県足柄上郡中井町境430 グリーン
テクなかい 富士ゼロックス株式会社内

(74)代理人 弁理士 森岡 正樹 (外3名)

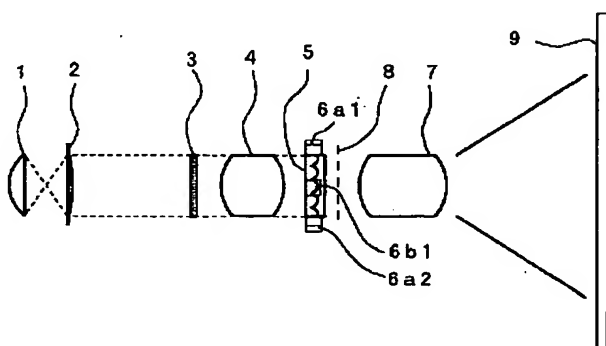
最終頁に続く

(54)【発明の名称】投射型表示装置

(57)【要約】

【課題】本発明は、1フレームの画像を複数フィールドに分割して表示させる投射型表示装置に関し、画素数の少ない光変調素子を用いても光の透過率やコントラストを低下させずに簡単な構成で時分割表示を行い、高解像度で画像を表示できる投射型表示装置を提供することを目的とする。

【解決手段】マイクロレンズアレイ5は、光変調素子3から投射レンズ7に至る光路上に配置され、光変調素子3の4画素に対応して1つの凸レンズが形成されている。結像光学系4は、光変調素子3からの光を対応するマイクロレンズに入射させるために配置されている。アクチュエータ6は、マイクロレンズアレイ5に入射する光の光軸に直交する水平/垂直方向にマイクロレンズアレイ5を移動又は振動させることができるように構成する。



【特許請求の範囲】

【請求項 1】複数の画素を有する光変調素子で表示される画像を投射手段によりスクリーン上に拡大投射する投射型表示装置において、前記光変調素子から前記スクリーンに至る光路上に位置し、前記スクリーン上の画像が複数画素毎に分離されるように、前記光変調素子の複数の画素のうち隣接する ($i \times j$) 画素からの出射光をそれぞれの口径内に含む複数の凸レンズを隣接配置したマイクロレンズアレイと、前記光変調素子と前記マイクロレンズアレイとの間に位置し、前記光変調素子からの出射光を集光させて前記マイクロレンズアレイに結像させる結像光学系と、前記マイクロレンズアレイにより前記スクリーン上で分離された画像を補間するように、前記スクリーン上の画像投射領域を変更して前記光変調素子で表示される画像を投射させる投射領域変更手段とを備え、複数のフィールドで 1 フレームを構成する時分割表示を行うことを特徴とする投射型表示装置。

【請求項 2】光源からの光を複数の色の光に分離する色分離手段と、分離された前記複数の色の光をそれぞれ変調する複数の画素を有する複数の光変調素子と、変調された前記複数の色の光を合成する色合成手段と、前記複数の光変調素子で表示されたカラー画像をスクリーン上に拡大投射する投射手段とを有する投射型表示装置において、前記色合成手段から前記スクリーンに至る光路上に位置し、前記スクリーン上の画像が複数画素毎に分離されるように、前記光変調素子の複数の画素のうち隣接する ($i \times j$) 画素からの出射光をそれぞれの口径内に含む複数の凸レンズを隣接配置したマイクロレンズアレイと、前記色合成手段と前記マイクロレンズアレイとの間に位置し、前記複数の光変調素子からの出射光を集光させて前記マイクロレンズアレイに結像させる結像光学系と、前記集光手段により前記スクリーン上で分離された画像を補間するように、前記スクリーン上の画像投射領域を変更して前記光変調素子で表示される画像を投射させる投射領域変更手段とを備え、複数のフィールドで 1 フレームを構成する時分割表示を行うことを特徴とする投射型表示装置。

【請求項 3】請求項 1 又は 2 に記載の投射型表示装置において、前記結像光学系は、複数のレンズを有し、入射する平行光を平行光として出射させるアフォーカル光学系であることを特徴とする投射型表示装置。

【請求項 4】請求項 1 又は 2 に記載の投射型表示装置において、前記投射領域変更手段は、前記マイクロレンズアレイに入射する光の光軸に直交する面内で、前記光変調素子に

供給されるフィールド信号に同期して前記マイクロレンズアレイを所定の移動変化量で移動させることを特徴とする投射型表示装置。

【請求項 5】請求項 4 記載の投射型表示装置において、前記所定の移動変化量は、前記光変調素子の画素ピッチの整数倍に前記結像光学系の倍率を乗じた量であることを特徴とする投射型表示装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

10 【発明の属する技術分野】本発明は、光変調素子に表示された画像を拡大投射して大画面表示を得る投射型表示装置に関し、特に 1 フレームの画像を複数フィールドに分割して表示させる投射型表示装置に関する。

【0002】

【従来の技術】従来の代表的な投射型表示装置の概略の構成を図 9 に示す。図 9 において 1 は光源、3 は光変調素子、7 は投射レンズ、9 はスクリーンである。投射型表示装置の光変調素子 3 には透過型液晶パネルが用いられている。光源 1 には可視光の領域で比較的均一なスペクトルを持つメタルハライドランプまたはハロゲンランプなどが用いられている。リフレクタなどで集光された光源 1 の光に液晶パネルなどの光変調素子 3 を用いて画像信号に応じた光変調を行って画像を形成している。形成された画像は投射レンズ 7 でスクリーン 9 上に拡大投射されて表示される。

20 【0003】投射型表示装置は、投射レンズにより画像を拡大投射するので他の表示装置と比較して大面積表示が可能であるが、反面、解像度が低いという問題を有している。投射画像の解像度は光変調素子の画素数とスクリーンの大きさによって決まる。スクリーン上に高解像度で表示させるには、光変調素子の画素数を増やす必要があるが、画素を高密度化すると製造歩留りが低下してコスト高となる。例えば、SXGA (1280×1024) の画素数の光変調素子は、VGA (640×480) の画素数の光変調素子に比較して 10 倍程度の価格になってしまう。また、1 画素当たりの開口率 (1 画素に対する光を透過する有効面積の割合) は画素の高密度化に伴い低下するので所望の明るさの画像を得ることが困難になる。このように、画素の高密度化と画像の明るさは相反する条件であるので、単なる光変調素子の画素の高密度化では高画質の画像を得ることができない。

30 【0004】この問題を解決するために、複数の光変調素子を用いて投射する方法がある。複数の光変調素子を用いる方法は、例えば表示装置に CRT (カソード・レイ・チューブ) を用いたマルチビジョンのように複数の表示ユニットを用いて複数の画像を縦横に並べて表示させる。しかしながらこの方法では複数の表示ユニットを用いているため、各表示ユニットの接続部において画面を連続にすることができず境界が目立ってしまうという問題がある。また、複数の表示ユニットを全く同一の表

示特性で作製するのは困難であるから、表示ユニットごとの明るさにむらができてしまい、表示ユニット間の継ぎ目が目立ってしまうという問題も有している。

【0005】この問題を解決するために、複数の表示ユニットを用いて1つの画像を重畳して表示する方法が知られている。特開平3-166536号公報に記載された投射型表示装置は、原画像の表示データを任意にサンプリングして分割する画像分配機能部と、複数の表示機能部と、各表示画像を光学的に合成して原画像を合成表示する画像合成機能部と、合成像を投射する投射機能部とを備えている。図10にその基本構成を示す。図10において、7は投射レンズ、13は複数の光源からなる光供給部、14は複数の透過型液晶パネルからなる光変調素子群、15は光変調素子群14によって表示される画像を合成して投射レンズ7に入射させる光学デバイスである。例えば4つの透過型液晶パネル14を用いて重畳表示を行う場合には、各透過型液晶パネル14の各画素の開口率を25%程度にして水平方向と垂直方向に半画素ビッチずつずらして投射することにより、4倍の解像度の画像が得られるようにしている。図11(a)～(d)に示すような4つの画像について、図11(b)の画像は図11(a)の画像に対して水平方向に半画素ビッチずらし、図11(c)の画像は図11(a)の画像に対して垂直方向に半画素ビッチずらし、図11(d)の画像は図11(a)の画像に対して水平方向と垂直方向に半画素ビッチずらすようにして投射すれば、図11(e)に示すような4倍の解像度を持つ画像が得られる。このように重畳表示を行うことにより複数の表示ユニットの表示特性の不均一性を目立たなくさせることができる。しかし、相互に半画素ビッチずつずらして投射させるための光学系の調整が困難である点と、複数の表示ユニットを使うので構成が複雑でコストが高くなるという点で問題を有している。

【0006】他の高解像度化の手段として、1つの光変調素子を用いて時分割表示を行う方法がある。時分割表示は複数のフィールドを時系列で表示させて1フレーム(1画面)を形成する方法である。例えば、特開平4-113308号公報に記載された投射型表示装置は、光変調素子からスクリーンに至る光路の途中に透過光の偏光方向を旋回させる素子と、複屈折効果を有する透明素子を用いて投射画像をシフトする手段と、スクリーン上で離散的に投射される手段を備えている。図12に投射表示装置の基本構成を示す。図12において、1は光源、3は表示用液晶パネルからなる光変調素子、16は偏光方向制御用液晶パネル、17は水晶板、7は投射レンズ、9はスクリーンである。複屈折効果を有する透明素子として水晶板17が用いられている。この方法では、1フレーム分の画像データを分割してフレームメモリに格納し、投射画像をシフトさせる手段と同期させて画像を表示することにより時分割表示を行っている。さ

らに、光変調素子の画像を離散的にする手段を用い、離散化した画像を補間するように画像を時系列でシフトさせて高解像度の表示を行っている。

【0007】画像を離散的にする手段には、画素の一部を遮光して実効的な開口率を低下させる手段と、1画素に対応したマイクロレンズを用いて集光する手段とがある。画素の一部を遮光する手段は、例えば、各画素に設けられているスイッチング素子の配線などの配置を工夫して光の透過領域を減少させることにより、画素の光透過領域を離散的にしている。一方、1画素に対応したマイクロレンズを用いて集光する手段は、画素から射出した光を集光することにより、光量を減少させることなく実質的に画像を離散化している。

【0008】投射画像をシフトさせる手段には複屈折効果が利用されている。光学異方性を有する結晶を用い、常光と異常光の屈折角の相違により画像をスクリーン上でシフトさせるようにする。ここではTN(ねじれネマティック)液晶を用い直線偏光の光を90度回転させて複屈折効果を持つ透明素子に対する常光と異常光を切り替えている。複屈折効果を持つ透明素子に対して垂直に入射した常光は直進するが、異常光は入射面で所定角度だけ屈折し、出射面で反対側に同じ角度だけ屈折する。この効果により、異常光は常光に対して透明素子の厚みに応じた距離だけシフトすることになる。そこで、画素ビッチに応じた距離(画素ビッチの1/2)だけシフトするように透明素子の厚みを設定すれば、離散的に形成された画像を補間するシフト量を得ることができる。

【0009】

【発明が解決しようとする課題】上記の時分割表示では、少なくとも離散的に投射する手段と画像をシフトさせる手段としての偏光方向旋回素子及び複屈折効果を有する透明素子が必要である。偏光方向旋回素子及び複屈折効果を有する透明素子を1組使用することにより、水平方向又は垂直方向に2つのフィールドに分割した表示を行えるが、水平方向又は垂直方向にさらに多くのフィールドに分割して表示させる場合や、水平方向、垂直方向共に2つのフィールドに分割した表示を行う場合、或いは水平、垂直方向共にさらに多くのフィールドに分割して表示させる場合には、偏光方向旋回素子及び複屈折効果を有する透明素子が複数組必要になってしまい、これら複数の素子構成が複雑になってしまうという問題点を有している。

【0010】また、画像を離散的にする手段として画素の一部を遮光する方法は、従来の液晶パネルに若干の変更を加えるだけで容易に作製することが可能であるため構成が複雑になることはないが、画素の一部を遮光して光の透過領域を減少させるのであるから、画像が従来の液晶パネルと比較して暗くなってしまう。

【0011】また、画像をシフトさせる手段として複屈折効果を利用しているが、複屈折効果を利用するには光

変調素子からの出射光が直線偏光でなければならない。自然光を直線偏光に変換するには偏光板が必要であるが、光は偏光板で約 60% 吸収されてしまい、40% 程度しか透過されない。さらに、偏光方向の旋回手段として液晶素子を用いているので、当該液晶素子での光の透過率が問題となる。偏光方向旋回手段の液晶素子は、透明電極が形成された 2 枚のガラス基板で液晶を挟んで構成されている。透明電極の光の透過率は 1 枚当たり 90% 程度なので、2 枚で 80% 程度の透過率となる。さらに、液晶自体及び、ガラス基板、水晶板などの透過率も考慮すると、偏光方向旋回手段での光の透過率はさらに低くなり、約 65% 程度になってしまう。また、水平方向と垂直方向ともに高解像度化を行なう場合には、偏光方向旋回手段と水晶板のセットが 2 組必要となるため、さらに光の透過率は低下して約 40% 程度になってしまう。従って自然光を直線偏光に変換する偏光板及び偏光方向旋回手段を透過する光の透過率は約 15~20% 程度となってしまう、高解像度化が可能になる反面光の利用効率が極端に低下して暗い画像しか得られない。

【0012】また、光の旋回手段として TN 液晶を用いているが、その応答性が問題となる。TN 液晶は電圧のオン・オフにより分子の配向方向を切り替えており、その応答性（切り替え時間）は数ミリ秒である。時分割表示を行う場合に 1 フレーム（1/60~1/30 秒）を複数フィールドで分割すると、1 フィールド当たり数~数十ミリ秒となるので、TN 液晶を用いた場合は偏光方向の切り替え時間が 1 フィールド内の数十% を占めることになってしまう。結果として画像のコントラストが低下してしまうという問題が生じる。

【0013】本発明は、上述の従来技術が有する問題を解決するためになされたものであって、その目的は、画素数の少ない光変調素子を用いても光の透過率やコントラストを低下させずに簡単な構成で時分割表示を行い、高解像度で画像を表示できる投射型表示装置を提供することにある。

【0014】

【課題を解決するための手段】上記目的は、複数の画素を有する光変調素子で表示される画像を投射手段によりスクリーン上に拡大投射する投射型表示装置において、光変調素子からスクリーンに至る光路上に位置し、スクリーン上の画像が複数画素毎に分離されるように、光変調素子の複数の画素のうち隣接する ($i \times j$) 画素からの出射光をそれぞれの口径内に含む複数の凸レンズを隣接配置したマイクロレンズアレイと、光変調素子とマイクロレンズアレイとの間に位置し、光変調素子からの出射光を集光させてマイクロレンズアレイに結像させる結像光学系と、マイクロレンズアレイによりスクリーン上で分離された画像を補間するように、スクリーン上の画像投射領域を変更して光変調素子で表示される画像を投射させる投射領域変更手段とを備え、複数のフィールド

で 1 フレームを構成する時分割表示を行うことを特徴とする投射型表示装置によって達成される。

【0015】また上記目的は、光源からの光を複数の色の光に分離する色分離手段と、分離された複数の色の光をそれぞれ変調する複数の画素を有する複数の光変調素子と、変調された複数の色の光を合成する色合成手段と、複数の光変調素子で表示されたカラー画像をスクリーン上に拡大投射する投射手段とを有する投射型表示装置において、色合成手段からスクリーンに至る光路上に位置し、スクリーン上の画像が複数画素毎に分離されるように、光変調素子の複数の画素のうち隣接する ($i \times j$) 画素からの出射光をそれぞれの口径内に含む複数の凸レンズを隣接配置したマイクロレンズアレイと、色合成手段とマイクロレンズアレイとの間に位置し、複数の光変調素子からの出射光を集光させてマイクロレンズアレイに結像させる結像光学系と、集光手段によりスクリーン上で分離された画像を補間するように、スクリーン上の画像投射領域を変更して光変調素子で表示される画像を投射させる投射領域変更手段とを備え、複数のフィールドで 1 フレームを構成する時分割表示を行うことを特徴とする投射型表示装置によって達成される。

【0016】上記投射型表示装置の結像光学系は、複数のレンズを有し、入射する平行光を平行光として出射させるアフォーカル光学系であることを特徴としている。また、上記投射型表示装置の投射領域変更手段は、マイクロレンズアレイに入射する光の光軸に直交する面内で、光変調素子に供給されるフィールド信号に同期してマイクロレンズアレイを所定の移動変化量で移動させることを特徴としている。所定の移動変化量は、光変調素子の画素ピッチの整数倍に結像光学系の倍率を乗じた量であることを特徴としている。

【0017】

【発明の実施の形態】本発明の第 1 の実施の形態による投射型表示装置を図 1 乃至図 7 を用いて説明する。本実施の形態における投射型表示装置は、表示用液晶ライトバルブなどの光変調素子の画素数を増やすことなく投射表示画像を高精細化させるために、スクリーン上で複数画素ごとに画像を分離する光変調素子の隣接する複数画素からの出射光をそれぞれの口径内に含む複数の凸レンズのマイクロレンズを隣接配置したマイクロレンズアレイと、マイクロレンズアレイによりスクリーン上で分離された画像を補間するように光変調素子による表示画像を投射する投射領域変更手段とにより、光変調素子からの出射光を離散的に縮小し、離散的にされた間隙部を補間することにより時分割表示を行うことを基本としている。そして、光変調素子で表示される画像をマイクロレンズアレイに結像させる結像光学系を備えている点に特徴を有している。本実施の形態による投射型表示装置では、光源、集光光学部品、2 次元状に配列された多数の画素で構成されている表示用液晶ライトバルブなどの光

変調素子、投射レンズなどの従来の投射型表示装置に用いられている構成部品に加え、光変調素子から投射手段に至る光路上に、光変調素子に表示された画像をマイクロレンズアレイに結像する結像光学系と光変調素子からの出射光を複数画素ごとに集光し離散的に縮小するマイクロレンズアレイを有し、離散的に縮小された間隙部を光変調素子に供給するフィールド信号に同期させてマイクロレンズアレイを入射光軸に直交する面で移動させることにより間隙部画像の補間をして表示画像の多画素化／高精細化を図っている。さらに本実施の形態における投射表示装置においては、光変調素子からスクリーンに至る光路上に光吸収を伴う光学系が存在しないため、多画素化／高精細化を行っても明るい画像が得られる。

【0018】本実施の形態においては、光変調素子の隣接する複数画素のそれぞれを4画素とし、当該4画素からの出射光を口径内に含む複数の集光光学素子が凸レンズである場合について説明する。図1は本実施の形態における投射型表示装置の基本構成図、図2は本実施の形態において用いられるマイクロレンズアレイの斜視図、図3及び図4は本実施の形態における光変調素子と凸レンズとの位置関係を示す説明図であり、図3は光変調素子と凸レンズとの位置関係を示す平面図、図4は光変調素子から投射レンズ物体面までの光軸に平行な面の図3A-A'での断面図である。図5は1画面を4つの画像に分割した場合の投射レンズ物体面での入射光束の位置関係を示したものである。図6は結像光学系がない場合の光変調素子とマイクロレンズアレイの位置関係を示す図であり、図7は結像光学系を挿入した場合の各素子の位置関係を示す図である。

【0019】図1において、1は光源、2は光源からの光を平行光に変換するためのコリメート変換レンズ、3は2次元状に配列された多数の画素で構成されている光変調素子、4は光変調素子で表示される画像をマイクロレンズアレイに結像させる結像光学系、5はマイクロレンズアレイ、6は圧電素子からなるアクチュエータ、7は投射レンズ、8は投射レンズ7の物体面、9はスクリーンである。マイクロレンズアレイ5は、光変調素子3から投射レンズ7に至る光路上に配置され、光変調素子3の4画素に対応して1つの凸レンズが形成されている。結像光学系4は光変調素子3からの光を、対応するマイクロレンズに入射させるために配置されている。アクチュエータ6は、マイクロレンズアレイ5を垂直方向（紙面上下方向）に振動させるアクチュエータ6a1、6a2と水平方向（紙面法線方向）に振動させるアクチュエータ6b1、6b2（図示せず）とから構成されている。光変調素子3に供給するフィールド信号に同期させてアクチュエータ6を駆動させることにより、マイクロレンズアレイ5に入射する光の光軸に直交する水平／垂直方向にマイクロレンズアレイ5を移動又は振動させることができるようになっている。

【0020】本実施の形態で用いた光変調素子3は、poly-Si TFT（多結晶シリコンをチャネル層に用いた薄膜トランジスタ）を用いたアクティブ・マトリクス方式の液晶ライトバルブである。液晶ライトバルブの液晶材料には偏光板を必要としない液晶高分子複合体（Liquid Crystal Polymer Composite）を用いている。光変調素子3の画素数は $m \times n$ であり、画素ピッチ p は水平、垂直ともに一般的な値である $50 \mu\text{m}$ である。

【0021】図2に示すマイクロレンズアレイ5は、例えばイオン交換法を用いて形成される。これは、ある種のイオンを透明なガラス基板の中に拡散させて屈折率の異なる層を形成しレンズ効果として利用するものである。このマイクロレンズアレイ5は、4つの画素から出射した光束をできるだけ多く集光するように設計され $100 \mu\text{m}$ ピッチで形成された多数の凸レンズで構成されている。マイクロレンズアレイ5の大きさは光変調素子3とほぼ同じ大きさで形成できるので、その重量は数グラム程度にすることができる。

【0022】アクチュエータ6は高歪率圧電セラミック材料からなる積層型の圧電素子を用いている。アクチュエータ6をマイクロレンズアレイ5の側面に接着し、光変調素子3に供給するフィールド信号に同期させて電圧を印加することにより、マイクロレンズアレイ5に入射する光の光軸に直交する水平／垂直方向にマイクロレンズアレイ5を移動変化させることができる。

【0023】本実施の形態におけるマイクロレンズアレイ5とアクチュエータ6により画像をシフトさせ高精細な画像を表示する動作を図3乃至図5を用いて説明する。本実施の形態においては1画面（フレーム）を4つの画像（フィールド）に分割して表示する。なお、各マイクロレンズの実際の平面形状は図2で示したように4つの画素全体を口径内に含む矩形形状であるが、図3及び図5の平面図においては各マイクロレンズの位置を明確にするため実線或いは破線の円形状で各マイクロレンズを示している。

【0024】さて、第1のフレームの第1のフィールドでは、光変調素子3の画素とマイクロレンズとの相対位置は図3(a)に示すようになっている。例えばマイクロレンズ5aの中心軸は光変調素子3の画素①、②、④、⑤の交点の位置にあり、画素①、②、④、⑤からの出射光は1つのマイクロレンズ5aにより集光される。図4に示すように、光変調素子3の画素④及び⑦からの出射光101、102は、結像光学系4により倒立像としてマイクロレンズアレイ5に入射し、マイクロレンズアレイ5により集光された出射光101'、102'となり投射レンズ7に入射する。このとき、投射レンズ7の物体面8は光変調素子3からの光が略1/4に集光された位置とする。投射レンズ7の物体面8での表示画像は図5(a)に示すように水平／垂直方向にそれぞれ間引

かれた状態、即ち離散的に縮小された状態となる。

【0025】次に第2のフィールドでは、フィールド信号に同期して垂直方向に振動するアクチュエータ6a 1、6a 2により、マイクロレンズアレイ5に入射する光の光軸に直交する面内で垂直方向にマイクロレンズアレイ5を移動させる。マイクロレンズ5aの中心軸は光変調素子3の画素④、⑤、⑦、⑧の交点の位置、即ち図3(b)の位置に移動する。ここで図3(a)の位置から図3(b)の位置までのマイクロレンズアレイ5の移動量は光変調素子3の画素ピッチpと同じ50μmである。このとき、図4に示すように光変調素子3の画素④及び⑦からの出射光101、102は、結像光学系4により倒立像としてマイクロレンズアレイ5に入射し、マイクロレンズアレイ5により集光されて出射光101'、102'となり投射レンズ7に入射する。投射レンズ7の物体面8では図5(b)の位置に集光されており、マイクロレンズアレイ5により第1のフィールドで離散的に縮小された垂直方向の間隙部が第2のフィールドで補間されたことになる。

【0026】次に第3のフィールドでは、フィールド信号に同期して水平方向に振動するアクチュエータ6b 1、6b 2によりマイクロレンズアレイ5に入射する光の光軸に直交する面内で水平方向にマイクロレンズアレイ5を移動させる。マイクロレンズ5aの中心軸は光変調素子3の画素⑤、⑥、⑧、⑨の交点の位置、即ち図3(c)の位置に移動する。ここで図3(b)の位置から図3(c)の位置までのマイクロレンズアレイ5の移動量は光変調素子3の画素ピッチpと同じ50μmである。この結果、光変調素子3からの出射光は、投射レンズの物体面8で図5(c)の位置に集光されており、マイクロレンズアレイ5により第2のフィールドで離散的に縮小された水平方向の間隙部を第3のフィールドで補間したことになる。

【0027】次に第4のフィールドでは、フィールド信号に同期して垂直方向に振動するアクチュエータ6a 1、6a 2によりマイクロレンズアレイ5に入射する光の光軸に直交する面内で垂直方向にマイクロレンズアレイ5を移動させる。マイクロレンズ5aの中心軸は光変調素子3の画素②、③、⑤、⑥の交点の位置、即ち図3(d)の位置に移動する。ここで図3(c)の位置から図3(d)の位置までのマイクロレンズアレイ5の移動量は光変調素子3の画素ピッチpと同じ50μmである。この結果、光変調素子3からの出射光は、投射レンズ7の物体面8で図5(d)の位置に集光されており、マイクロレンズアレイ5により第3のフィールドで離散的に縮小された垂直方向の間隙部、即ち第1のフィールドで離散的に縮小された水平方向の間隙部を第4のフィールドで補間したことになる。

【0028】以上の第1、第2、第3及び第4のフィールドによって、1フレーム全ての画像情報が図5(e)

に示すように投射レンズ7の物体面8即ちスクリーン9で形成され、精細度の低い光変調素子3を用いて精細度の高い表示が実現できる。

【0029】次に第2のフレームの第1のフィールドでは、フィールド信号に同期して水平方向に振動するアクチュエータ6b 1、6b 2によりマイクロレンズアレイ5に入射する光の光軸に直交する面内で水平方向にマイクロレンズアレイ5を移動させる。マイクロレンズ5aの中心軸は光変調素子3の画素①、②、④、⑤の交点の位置即ち図3(a)の位置に移動する。ここで図3

(d)の位置から図3(a)の位置までのマイクロレンズアレイ5の移動量は光変調素子3の画素ピッチpと同じ50μmである。この結果、光変調素子3からの出射光は、投射レンズ7の物体面8で図5(a)の位置に集光され、第1のフレームの第1のフィールドと同じ位置に戻る。以下第1のフレームと同様に離散的に縮小された水平／垂直方向の間隙部を補間することにより、(m×n)画素を持つ光変調素子3を用いて4×(m×n)画素を持った高精細度の表示が実現される。

【0030】ここで、図6及び図7を用いて結像光学系4の作用を詳細に説明する。まず図1に示したように、光源1から出射された光はコリメート変換手段2によりコリメート変換され、光変調素子3に入射し、画像信号に応じた光変調が行われる。光変調素子3で変調された4画素毎の出射光は、結像光学系4によりマイクロレンズアレイ5の各マイクロレンズに入射する。このとき結像光学系4が挿入されていないと仮定すると図6(a)に示すように、光変調素子3の所定の4画素からの出射光のうち平行光でない一部の光が、入射すべきマイクロレンズに入射せずに隣接するマイクロレンズに入射してしまうことになる。その結果、投射レンズ7の物体面8では、図6(b)に示すように、本来入射すべきマイクロレンズによって集光される位置から離れた位置に各画素の一部が集光され、スクリーン上で本来の表示位置から離れて表示されてしまう。図6(b)は、マイクロレンズアレイ5の図中中央のマイクロレンズで集光されるべき画素の一部が、周囲の隣接するマイクロレンズによってそれぞれ集光されてしまっている状態を示している。このような状態では、スクリーン上で本来表示されるべき画像と異なる画像が表示されることになるから表示画像のコントラストが低下してしまうことになる。光変調素子3からの出射光が理想的な平行光でない場合でも、本実施の形態のように光変調素子3からマイクロレンズに至る光路上に結像光学系4を配置することにより、光変調素子3の4画素からの出射光の全てを所定の1つのマイクロレンズに入射させることができるようになる。本実施の形態の結像光学系4は、実像に対して1対1の倒立像を形成する光学系である。図7(a)は本実施の形態による結像光学系4を用いた結像の様子を示す。fはレンズの焦点距離である。光変調素子3からの

出射された平行光は、マイクロレンズアレイ 5 に平行に入射させる必要があるため、結像光学系 4 は少なくとも 2 つのレンズを組み合わせて構成されるアフォーカル光学系を用いている。光変調素子 3 の 4 画素から出射された光は結像光学系 4 により、1 つのマイクロレンズに入射する。理想的な平行光でない光変調素子 3 からの光は、マイクロレンズに入射する角度がずれるので、マイクロレンズで集光される位置がずれる。その結果、図 7 (b) に示すように、投射レンズの物体面 8 では中央のマイクロレンズで集光される画素は少し広がった形になるが、図 6 (b) に示した、隣接する周囲のマイクロレンズに別の画素の一部が表示されるようなことはないの

で、画像のコントラストを低下させることはない。
【0031】本実施の形態においては、結像光学系 4 は 1 対 1 の倒立像を形成する光学系であったが、それ以外に k 倍の像を形成する光学系であっても、 $1/k$ 倍の像を形成する光学系であってもよい。結像光学系 4 が k 倍の像を形成するのであればマイクロレンズの大きさは k 倍になり、その移動量は光変調素子 3 の画素ピッチ p の k 倍となる。結像光学系 4 が $1/k$ 倍の像を形成するのであればマイクロレンズの大きさは $1/k$ 倍になり、その移動量は光変調素子 3 の画素ピッチ p の $1/k$ 倍となる。

【0032】本実施の形態では隣接する 4 つの画素を時分割で表示しているが、通常のテレビジョン画像の 1 フレーム期間 ($1/30 \text{ msec}$) 程度の短時間内に 4 つのフィールド画像を表示すれば、人間の目はその残像効果により 1 枚の高精細な画像として見るができる。

【0033】従来の投射型表示装置では光変調素子 3 の画素数で決まる解像度でしかスクリーン 9 上に表示することができなかったが、本実施の形態によれば水平/垂直解像度を光変調素子 3 の画素数で決まる解像度のそれぞれ 2 倍の解像度で表示することが可能となる。画像を離散的にする手段としてマイクロレンズアレイ 5 を用いているため、光変調素子 3 からの出射光を遮光させる手段のように光の利用効率を落とすことはない。また、間隙部の補間をアクチュエータ 6 による機械的な振動により行わせているので、偏光板や画像をシフトさせるための偏光方向を旋回させる液晶パネル等の光吸収を伴う光学系が光変調素子 3 から投射レンズ 7 に至る光路上に存在しないため、光の利用効率を低下させずに明るく高精細な画像を表示できるようになる。また、光変調素子 3 からの出射光を結像光学系 4 を用いてマイクロレンズアレイ 5 に入射させるので、スクリーン上で各画素の画像の一部が他の画素の画像と重ならず、画像のコントラストを低下させない拡大表示を行うことができる。

【0034】本実施の形態において、光変調素子 3 の 4 画素 (2×2 画素) に対応した複数のマイクロレンズからなるマイクロレンズアレイ 5 を用いて 4 つのフィールドで 1 フレームを形成するような構成としたが、9 画素

(3×3 画素) や 16 画素 (4×4 画素)、或いは 6 画素 (2×3 画素) や 12 画素 (3×4 画素) など ($i \times j$) 画素に対応した複数のマイクロレンズからなるマイクロレンズアレイ 5 を用いて ($i \times j$) フィールドで 1 フレームを形成する構成としてもよい。このとき、アクチュエータ 6 によるマイクロレンズアレイ 5 の 1 つのフィールド信号に対する水平/垂直方向の移動量 L_h 、 L_v は、複数画素に対応するマイクロレンズの水平方向に対応する画素数を i 、垂直方向に対応する画素数を j とし、水平方向の画素ピッチを p_h 、垂直方向の画素ピッチを p_v としたとき、画素ピッチ p_h 、 p_v の整数倍で $p_h \leq L_h \leq (i-1) \times p_h$
 $p_v \leq L_v \leq (j-1) \times p_v$ の範囲にある。これは、結像光学系 4 が 1 : 1 の像を形成する場合である。

【0035】また、本実施の形態において、アクチュエータ 6 は高歪率圧電セラミック材料からなる積層型の圧電素子を用いたが、光変調素子 3 に供給するフィールド信号の周波数に同期させてマイクロレンズアレイ 5 に入射する光の光軸に直交する面でマイクロレンズアレイ 5 を光変調素子 3 の画素ピッチ p の整数倍移動変化させることができる手段であればよい。光変調素子 3 に供給するフィールド信号の周波数は数 10 Hz ~ 数 100 Hz であるから、アクチュエータ 6 には電磁アクチュエータ、リニアアクチュエータ、ステッピングモータなどを用いることもできる。

【0036】また、マイクロレンズアレイ 5 を振動させる代わりに投射レンズ 7 を移動変化させても同様の効果を得ることができる。この場合は 1 つの画面 (フレーム) を複数の画像 (フィールド) に分割した際の各画像におけるスクリーン 9 上での画素位置が、集光手段を移動変化させた場合と異なる。投射レンズ 7 のどのレンズを移動変化させても同一の効果が得られるが、最軽量のレンズを移動変化させることが望ましく、一般的には後玉のレンズを移動変化させることが好ましい。

【0037】本実施の形態では複数画素に対応したマイクロレンズアレイ 5 を移動変化させたが、光変調素子の隣接する複数画素からの出射光をそれぞれの口径内に含む複数の集光光学素子を隣接配置した集光手段と、集光手段により離散的にされた投射画像を補間するように投射領域を変更する手段があればよいので、例えば文献 (佐藤進; 液晶を利用した焦点可変レンズ, 光技術コンタクト, Vol 32, No. 11, p. 24 ~ p. 28, 1994) に開示されているような液晶レンズを利用し、フィールド信号に同期させて選択的に電圧を印加してレンズの形成位置を変化させるようにしてもよい。

【0038】次に本発明の第 2 の実施の形態による投射型表示装置を図 8 を用いて説明する。本実施の形態における投射型表示装置は、光変調素子を 3 個用いてカラー表示を行うことを特徴としている。図 8 は本実施の形態

10

20

30

40

50

における投射型表示装置の基本構成図である。

【0039】図8において、1は光源、2は光源からの光を平行光に変換するためのコリメート変換レンズ、3a~3cは光変調素子、4は結像光学系、5はマイクロレンズアレイ、6は圧電素子からなるアクチュエータ、7は投射レンズ、8は投射レンズの物体面、9はスクリーン、10はダイクロイックプリズムからなる色分離手段、11はミラー、12はダイクロイックプリズムからなる色合成手段である。ここでは、カラー表示のために3個の光変調素子3a~3cを用いているが、これら光変調素子からマイクロレンズアレイ5までの光学的距離は等しく、且つ3個の光変調素子3a~3cはそれぞれ対応する画素がスクリーン上で重なるように配置されている。本実施の形態における投射型表示装置の構成は、色分離/合成手段以外は第1の実施の形態の投射型表示装置と同様である。

【0040】図8において、光源1から出射した光はコリメート変換手段2によりコリメート変換され、色分離手段10でRGBの3色に分離される。3色に分離された光は、緑(Green)の光が光変調素子3aに入射し、赤(Red)の光が光変調素子3bに入射し、青(Blue)の光が光変調素子3cに入射して、それぞれの画像信号に応じた光変調が行われる。光変調素子3aから出射したGreenの光は、色合成手段12を透過しそのまま直進する。Redの光は光変調素子3bから出射して、色合成手段12のRed光を反射する反射面で反射される。光変調素子3cから出射したBlueの光は、色合成手段12のBlue光を反射する反射面により反射される。これら3色の光が色合成手段12で合成されて1つの画像を形成する。光変調素子3b、3cは光変調素子3aに対して、対応する画素が鏡像関係にある。色合成手段12で合成された各光変調素子3a~3cの画像は結像光学系4により対応するマイクロレンズに結像される。マイクロレンズに入射した光は集光され、離散的な画像が得られる。色合成手段12で合成された各光変調素子3a~3cの画素とマイクロレンズアレイ5の位置関係、及びマイクロレンズアレイ5の動作は第1の実施の形態と同様であるのでここでは詳細な説明は省略するが、フィールド信号に同期させて水平/垂直方向に画素ピッチと同じ距離だけ振動させるようにしている。光変調素子3a~3cと結像光学系4との間に色合成手段12が位置しているので、結像光学系4の焦点距離は第1の実施の形態に比較して長くする必要がある。

【0041】またカラー表示の場合は、光変調素子3a~3cとマイクロレンズアレイ5との間に色合成手段12を配置するので、各光変調素子3a~3cからマイクロレンズアレイ5までの距離が長くなってしまい、光変調素子3a~3cからの出射光が平行光からずれた場合に問題となってくる。従って、もし本実施の形態の結像

光学系4がなければ、色合成手段12の長さが数cmあるので、光変調素子3からの出射光の光軸方向からのずれ角が10°以下であっても、マイクロレンズアレイ5に入射するときには光軸からのずれ量は数百μmとなり、光変調素子3からの出射光の一部は隣接するマイクロレンズに入射してしまうことになる。

【0042】従来の投射型カラー表示装置では各光変調素子3a~3cの画素数で決まる解像度でしかスクリーン9上に表示することができなかったが、本実施の形態によれば水平/垂直解像度を光変調素子3a~3cの画素数で決まる解像度のそれぞれ2倍の解像度で表示することが可能となる。画像を離散的にする手段としてマイクロレンズアレイ5を用いているため、光変調素子3からの出射光を遮光させる手段のように光の利用効率を落とすことはない。また、間隙部の補間をアクチュエータ6による機械的な振動により行わせているので、偏光板や画像をシフトさせるための偏光方向を旋回させる液晶パネル等の光吸収を伴う光学系が色合成手段12から投射レンズ7に至る光路上に存在しないため、光の利用効率を低下させずに明るく高精細な画像を表示できるようになる。さらに、結像光学系4を用いているために、各光変調素子3a~3cとマイクロレンズアレイ5との距離が長くなったとしても、光変調素子3a~3cからの出射光が所定のマイクロレンズにそれぞれ入射することができるので、画像のコントラストを低下させない拡大カラー表示を行うことができる。

【0043】

【発明の効果】以上の通り、本発明によれば、光変調素子の画素数を増やすことなく投射表示画像の高精細化が可能である。また、本発明においては、光変調素子からの出射光を遮光させる手段のように光の利用効率を低下させることはなく、また、アクチュエータによる機械的な振動で間隙部の補間をしているので、光変調素子から投射手段に至る光路上に、偏光板や画像をシフトするための偏光方向を旋回させる液晶パネル等の光吸収を伴う光学系を配置する必要はなく、光の利用効率を低下させずに明るく高精細な画像を表示することが可能となる。

【0044】また、カラー表示を行わせるための色合成手段を光変調素子とマイクロレンズアレイとの間に配置しても、色合成手段とマイクロレンズアレイとの間に結像光学系を配置するようにしたので、光変調素子からの平行光でない出射光があったとしても所定のマイクロレンズ以外に入射することがない。従って、スクリーン上で異なる画像同士が重なってしまうことがないので、画像のコントラストを低下させない明るい画像を得ることができる。

【0045】また振動手段である圧電素子等のアクチュエータは、数μm~数10μmの振動振幅、及び数10Hz~数100Hzの低い振動周波数で動作するので、集光手段の移動の切り替え時間を1ミリ秒以下にするこ

とができる。このように十分な応答性を有しているので画像のコントラストの低下は生じない。

【0046】さらに本発明で使用する光学部品は、ガラス基板上に作成されたマイクロレンズアレイ、及び圧電素子等のアクチュエータといった簡単な構造で且つ光変調素子と同等の大きさ（数cm程度）であるから、本発明の投射型表示装置を従来の表示装置とほぼ同じ大きさにすることができる。さらに、より高精細な画像表示を行わせるために画面の分割数を増やした場合でも、水晶板とTN液晶パネルを用いた従来の表示装置のように画面分割数に応じて部品点数が増えるようなことはなく、装置の大きさは従来の装置とほぼ同じにすることができる。また本発明で新たに使用する光学部品は高精度で且つ安価に製造できるので、装置のコストも従来と殆ど変わらない。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の第1の実施の形態による投射型表示装置の基本構成図である。

【図2】本発明の第1の実施の形態による投射型表示装置のマイクロレンズアレイの斜視図である。

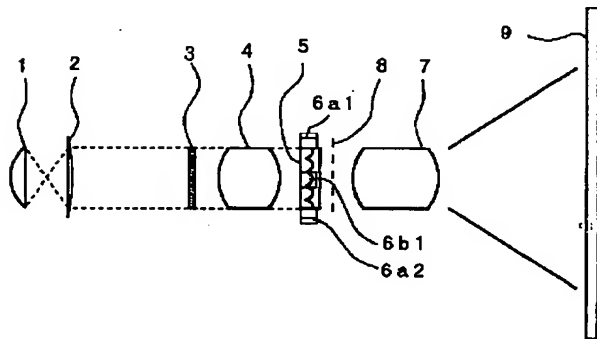
【図3】本発明の第1の実施の形態による投射型表示装置の光変調素子と凸レンズとの位置関係を示す平面図である。

【図4】本発明の第1の実施の形態による投射型表示装置の光変調素子から投射レンズ物体面までの光軸に平行な面の図3A-A'断面での断面図である。

【図5】本発明の第1の実施の形態による投射型表示装置の1画面を4つの画像に分割したときの投射レンズ物体面での入射光束の位置関係を示す平面図である。

【図6】結像光学系がない場合の光変調素子からの出射光がマイクロレンズに集光する位置を示す図である。

【図1】



【図7】本発明の第1の実施の形態における結像光学系を用いた場合の光変調素子からの出射光がマイクロレンズに集光する位置を示す図である。

【図8】本発明の第2の実施の形態による投射型表示装置の基本構成図である。

【図9】従来の投射型表示装置の構成を示す説明図である。

【図10】従来の投射型表示装置の構成を示す説明図である。

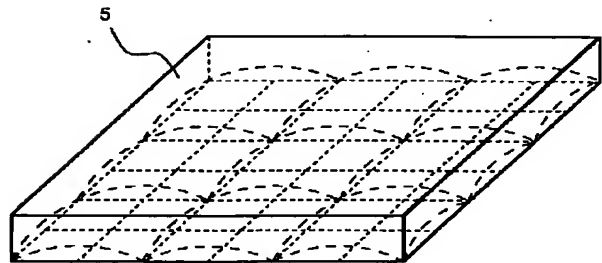
【図11】従来の投射型表示装置により投射された画像の構成を示す説明図である。

【図12】従来の投射型表示装置の構成を示す説明図である。

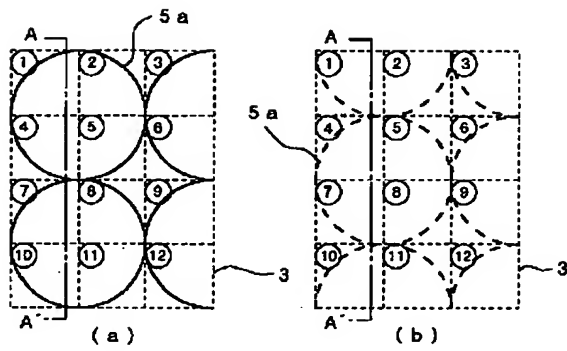
【符号の説明】

- 1 光源
- 2 コリメート変換レンズ
- 3 光変調素子
- 4 結像光学系
- 5 マイクロレンズアレイ
- 6 アクチュエータ
- 7 投射レンズ
- 8 投射レンズ7の物体面
- 9 スクリーン
- 10 色分離手段（ダイクロイックプリズム）
- 11 ミラー
- 12 色合成手段（ダイクロイックプリズム）
- 13 光供給部
- 14 光変調素子
- 15 光学デバイス
- 16 偏光方向制御用液晶パネル
- 17 水晶板

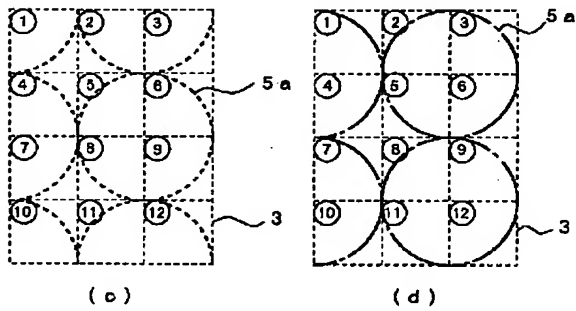
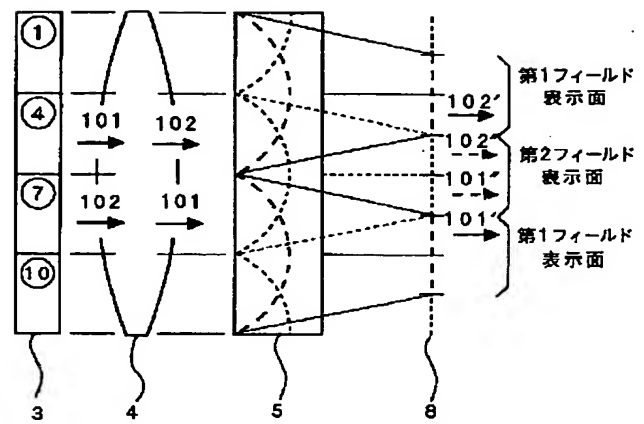
【図2】



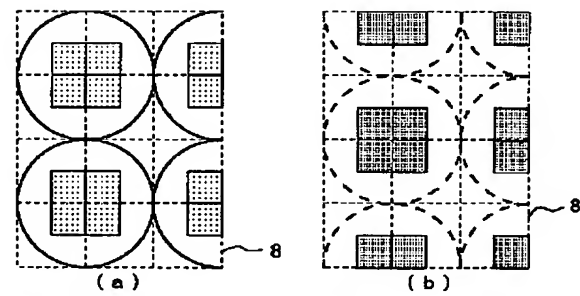
【図3】



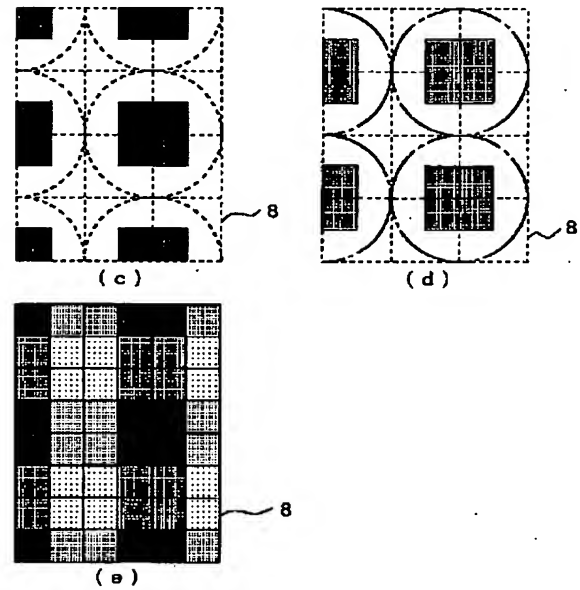
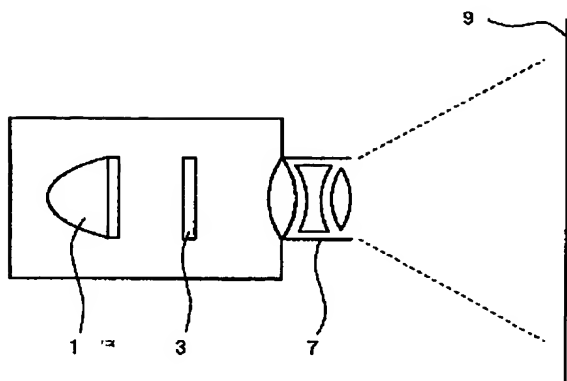
【図4】



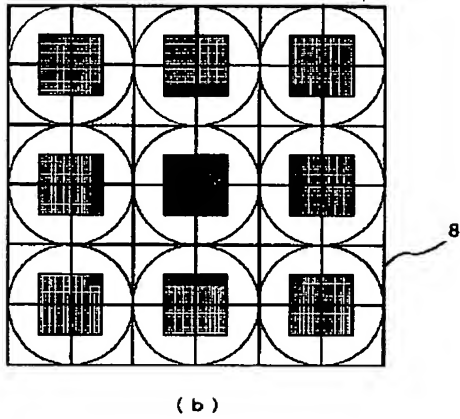
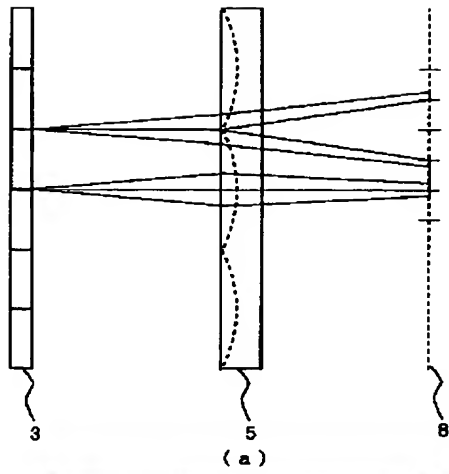
【図5】



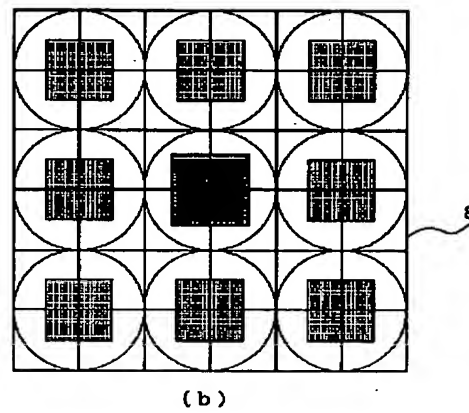
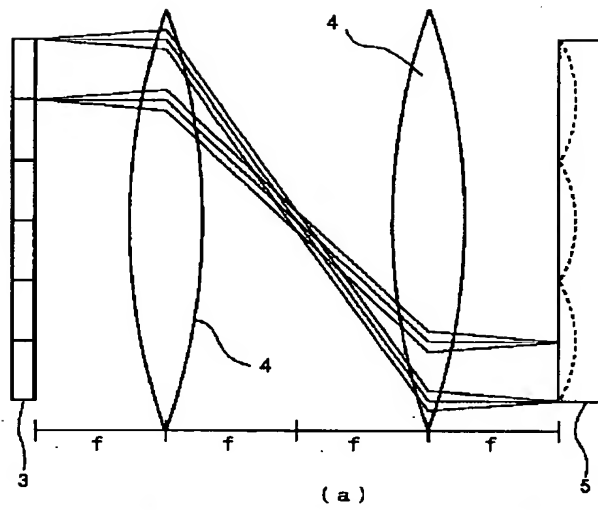
【図9】



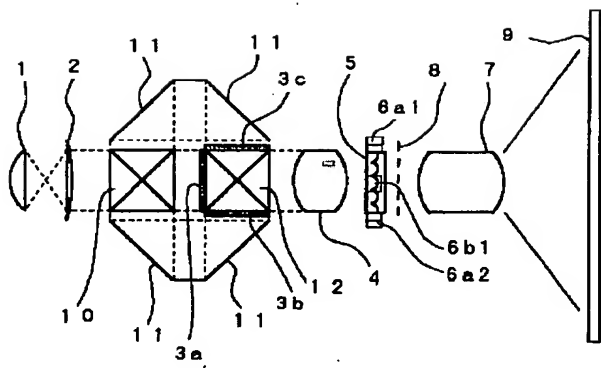
【図6】



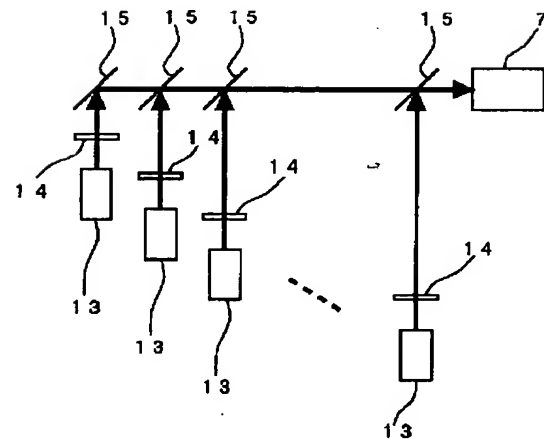
【図7】



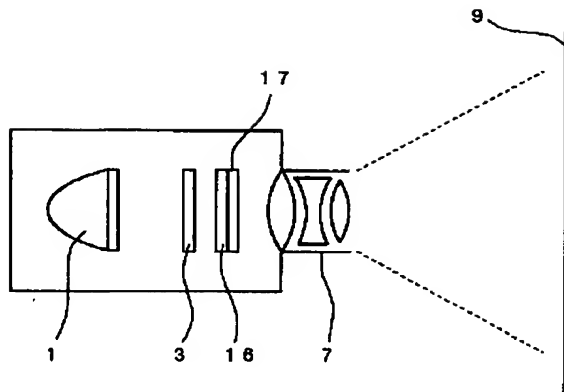
【図8】



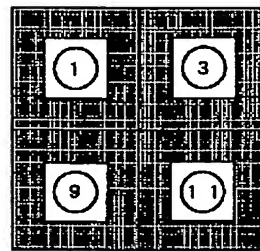
【図10】



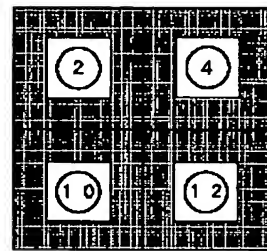
【図 1 2】



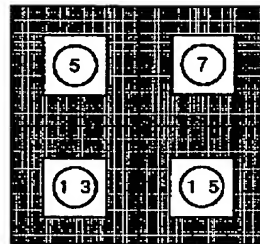
【図 1 1】



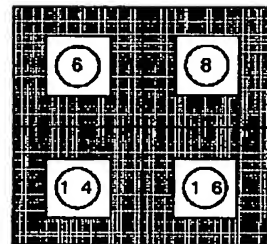
(a)



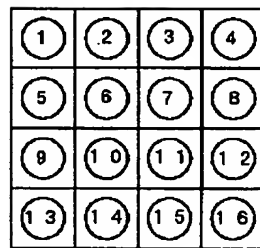
(b)



(c)



(d)



(e)

フロントページの続き

(72)発明者 藤曲 啓志

神奈川県足柄上郡中井町境430 グリーン

テクなかい 富士ゼロックス株式会社内